

## Irregular combustion detection method for multicylinder diesel engine

**Patent number:** DE19612180  
**Publication date:** 1997-03-06  
**Inventor:** WENZLAWSKI KLAUS DR (DE); FRIEDRICH ARNO (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
 - International: F02B77/08; F02D35/02; G01M15/12; F02B3/06; F02D41/38; F02B77/08; F02D35/02; G01M15/04; F02B3/00; F02D41/38; (IPC1-7): F02D41/22; F02B77/08; F02D41/38  
 - european: F02B77/08F; F02D35/02; G01M15/12  
**Application number:** DE19961012180 19960327  
**Priority number(s):** DE19961012180 19960327

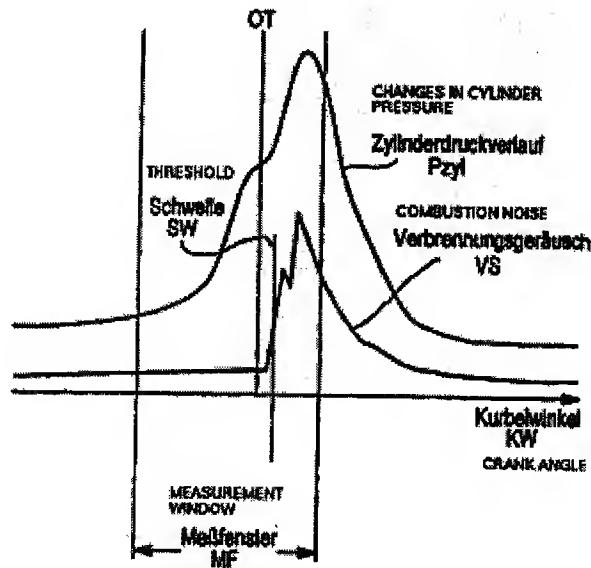
### Also published as:

- WO9736097 (A1)
- EP0890021 (A1)
- BR9708359 (A)
- EP0890021 (B1)
- CZ288692 (B6)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19612180

By picking up combustion noises in the individual cylinders with the aid of structural noise sensors and subsequently checking whether or not the sensor signals exceed threshold values specific to each cylinder within or outside established measurement windows, it is possible to detect injection errors and failures.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 196 12 180 C 1

⑯ Int. Cl. 6:  
**F 02 D 41/22**  
F 02 D 41/38  
F 02 B 77/08

⑯ Aktenzeichen: 196 12 180.9-31  
⑯ Anmeldetag: 27. 3. 96  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 6. 3. 97

DE 196 12 180 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

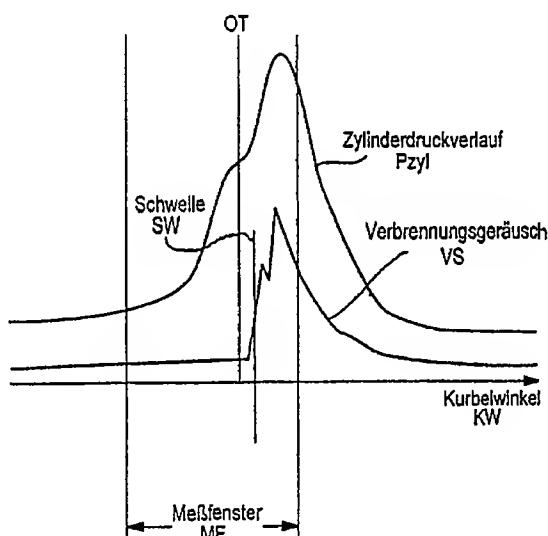
⑯ Erfinder:  
Wenzlawski, Klaus, Dr., 90429 Nürnberg, DE;  
Friedrich, Arno, 93047 Regensburg, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 87 06 781 U1  
EP 03 99 068 B1  
EP 05 69 227 A1

⑯ Verfahren zum Erkennen von irregulären Verbrennungsvorgängen in einer mehrzylindrigen  
Diesel-Brennkraftmaschine

⑯ Durch Erfassen des Verbrennungsgeräusches in den einzelnen Zylindern mittels eines oder mehrerer Körperschallsensoren und anschließendem Überprüfen, ob die Sensorsignale zylinderindividuelle Schwellenwerte innerhalb oder außerhalb von festgelegten Meßfenstern überschreiten, können Fehleinspritzungen und Nichteinspritzungen detektiert werden.



DE 196 12 180 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von irregulären Verbrennungsvorgängen in einer mehrzylindrigen Diesel-Brennkraftmaschine durch Auswerten des Verbrennungsgeräusches mittels eines Körperschallsensors gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Ein solches Verfahren ist aus der EP 0 399 068 B1 bekannt. Bei diesem Verfahren zur Klopffregelung von Brennkraftmaschinen wird ein Sensorsignal eines Klopfsensors innerhalb eines für jeden Zündzyklus regelbaren Meßfensters zur Bildung von Abtastwerten mit einer vorgegebenen Abtastfrequenz abgetastet. Aus diesen Abtastwerten werden digitale Klopfwerte abgeleitet und mit einer Klopfschwelle verglichen. Wenn ein Klopfwert die Klopfschwelle überschreitet, erfolgt eine zeitweise Spätverstellung des Zündwinkels. Als Klopfwert wird der Mittelwert aus einer vorgegebenen Anzahl der relativ größten Abtastwerte bestimmt und zur Bildung der Klopfschwelle ein Geräuschwert herangezogen, der durch gleitende Mittelwertbildung aus einer vorgegebenen Zahl vorheriger Klopfwerte berechnet wird.

Aus der EP 0 569 227 A1 ist ein Einspritzsteuersystem mit Mitteln zur Detektion des Fehlverhaltens der elektrischen Regelungseinrichtung für die Brennkraftmaschine bekannt, wobei im Fehlerfall auf eine Steuerung mit Notlauffunktion umgeschaltet wird, die beispielsweise unter bestimmten Betriebsbedingungen die Kraftstoff-Zufuhr unterbindet.

Einspritzsysteme bei Diesel-Brennkraftmaschinen haben die Aufgabe, den Kraftstoff in sehr kurzer Zeit möglichst fein zerstäubt in den Brennraum einzubringen. Je höher der Einspritzdruck ist, um so besser ist die Gemischbildung und damit um so geringer der Kraftstoffverbrauch und die Rauchemission. Einspritzsysteme aktuellen Entwicklungsstandes, sogenannte Common-Rail-Systeme, arbeiten mit Einspritzdrücken bis zu 1500 bar und bestehen im wesentlichen aus einer Hochdruckpumpe, dem Druckspeicher, den Injektoren und der elektronischen Steuereinrichtung mit den notwendigen Sensoren.

Ein Problem bei solchen zylinderindividuell angesteuerten Einspritzsystemen besteht darin, daß durch Falschansteuerung z. B. zu falschen Zeitpunkten oder durch Nichtansteuerung durch fehlende Bestromung einzelner oder mehrerer Injektoren das Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine, insbesondere das Abgasverhalten negativ beeinflußt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dessen Hilfe auf einfache und kostengünstige Weise irreguläre Verbrennungen aufgrund von Fehleinspritzungen oder fehlende Verbrennungen in einer mehrzylindrigen Diesel-Brennkraftmaschine detektiert werden können.

Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Durch Auswerten des Verbrennungsgeräusches in den Brennräumen der einzelnen Zylinder mit Hilfe einer Körperschallanalyse ist sowohl eine Detektion von unzureichenden Verbrennungsvorgängen z. B. aufgrund von Falschansteuerungen der Injektoren, als auch der vollständige Ausfall eines oder mehrerer Injektoren möglich. Insbesondere können dann bei erkannten Fehleinspritzungen Motorschutzmaßnahmen ergriffen werden.

den.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

5 Fig. 1 die qualitativen Verläufe des Druckes und des Verbrennungsgeräusches innerhalb eines Zylinders in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel,

10 Fig. 2 ein Flußdiagramm für den Verfahrensablauf zum Bestimmen von irregulären Verbrennungsvorgängen und

15 Fig. 3 ein Meßdiagramm für die Zylinderdrücke und die entsprechenden Signale des Klopfsensors bei einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine.

20 Die qualitative Darstellung nach Fig. 1 zeigt den typischen Verlauf des Druckes  $P_{Zyl}$  in einem Zylinder einer Diesel-Brennkraftmaschine abhängig vom Kurbelwinkel. Der obere Totpunkt ist dabei mit OT bezeichnet. Als weitere Kurve ist der zugehörige Verlauf des Verbrennungsgeräusches VS in diesem Zylinder eingezeichnet. Das Auftreten dieses Verbrennungsgeräusches wird zur Detektion von fehlerhaften bzw. fehlenden Verbrennungsvorgängen genutzt. Hierzu ist an dem Zylinderblock der Brennkraftmaschine an geeigneter Stelle ein Körperschallsensor befestigt, der die charakteristischen Klopfschwingungen in den Brennkammern der einzelnen Zylinder erfäßt. Der Sensor wandelt diese Schwingungen in elektrische Signale um, die zur weiteren Verarbeitung einer elektronischen Motorsteuerungseinrichtung zugeführt werden. Als Körperschallsensor kann dabei in vorteilhafter Weise ein Klopfsensor, d. h. ein nach dem piezoelektrischen Prinzip arbeitender Beschleunigungssensor eingesetzt werden.

25 Ein solcher Klopfsensor ist beispielsweise aus dem deutschen Gebrauchsmuster G 87 06 781.1 bekannt. Wird nur ein einziger Klopfsensor verwendet, so ist dessen Anbringungsort möglichst zentral am Motorgehäuse zu wählen. Um bei Brennkraftmaschinen mit 6, 8 oder 12 Zylindern die Genauigkeit der Auswertung der Klopfsignale der einzelnen Zylindern zu erhöhen, können 30 2 oder mehrere Klopfsensoren verwendet werden, die an entsprechenden Stellen des Motorgehäuses angeordnet sind, wobei eine bestimmte Zuordnung zwischen den Sensoren und den Zylindern festgelegt ist.

35 Anhand des Ablaufdiagramms nach Fig. 2 wird das Verfahren erläutert, das für jeden Zylinder einzeln abläuft.

40 Das Verbrennungsgeräusch und das davon abgeleitete Klopfsignal wird zylinderindividuell innerhalb eines vorgebaren Meßfensters MF, beispielsweise innerhalb des Bereiches von 45° Kurbelwinkel vor OT bis 15° Kurbelwinkel nach OT, gemessen und ausgewertet.

45 In einem ersten Verfahrensschritt S1 wird deshalb ein Meßfenster MF<sub>1</sub> ... z als Funktion der Drehzahl n, der Last der Brennkraftmaschine und der Zylindernummer z festgelegt. Wegen der Laufzeit des Verbrennungsgeräusches vom Entstehungsort in dem jeweiligen Zylinder bis zum Ort der Detektion durch den Sensor werden die Meßfenster in zylinderindividuellen Kennfeldern innerhalb eines Speichers der Motorsteuerungseinrichtung abgelegt.

50 Für jeden Zylinder Zyl<sub>1</sub> ... z wird drehzahl- und lastabhängig ein Schwellenwert SW<sub>1</sub> ... z festgelegt (Verfahrensschritt S2) und diese Werte werden ebenfalls in einem Speicher abgelegt. Im Verfahrensschritt S3 wird das Geräuschsignal des Körperschallsensors erfaßt, anschließend aufbereitet (gleichgerichtet) und mittels eines zylinderindividuellen Signalverstärkers verstärkt (Verfahrensschritt S4). Die Verstärkung kann dabei ent-

weder in Stufen oder stufenlos verändert werden. Dies stellt sicher, daß unter allen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine ein auswertbarer Signalverlauf innerhalb eines vorgegebenen Bereiches vorliegt.

Im Verfahrensschritt S5 wird das zylinderindividuelle Körperschallsignal mit dem jeweiligen zugeordneten Schwellenwert  $SW_1 \dots z$  (Fig. 1) verglichen. Wird der Schwellenwert überschritten, wird anschließend überprüft, ob das Signal des Sensors auch innerhalb des festgelegten Meßfensters  $MF_1 \dots z$  liegt (Verfahrensschritt 5 S6). Ist dies nicht der Fall, so wird im Verfahrensschritt S7 auf eine Fehleinspritzung geschlossen und es können Motorschutzmaßnahmen, wie beispielsweise eine Verringerung der Ansteuerzeit oder das Unterdrücken des Ansteuerimpulses für diesen Injektor eingeleitet werden (Verfahrensschritt 10 S8).

Überschreitet das vom Klopfsensor erfaßte Signal  $KS_1 \dots z$  den Schwellenwert  $SW_1 \dots z$  innerhalb des Meßfensters  $MF_1 \dots z$ , so wird in diesem Zylinder  $Zyl_1 \dots z$  auf eine ordnungsgemäße Verbrennung geschlossen (Verfahrensschritt 20 S9). Das auf diese Weise erhaltene Signal  $KS_1 \dots z$  des Klopfsensors kann zur Bestimmung des Brennbeginns in dem jeweiligen Zylinder herangezogen und für weitere Steuermaßnahmen, z. B. für eine Brennbeginnregelung benutzt werden.

Ergibt die Abfrage im Verfahrensschritt S5, daß das Signal  $KS_1 \dots z$  des Sensors unterhalb des Schwellenwertes  $SW_1 \dots z$  liegt, so wird im Verfahrensschritt S10 überprüft, ob die maximale Verstärkung des Sensorsignals bereits überschritten ist. Ist dies der Fall, so wird im 25 Verfahrensschritt S11 auf eine fehlende Verbrennung und damit auf eine Nichteinspritzung geschlossen. Andernfalls werden die Verfahrensschritte S4, S5 und S10 solange wiederholt, bis entweder der Schwellenwert überschritten wird oder die Abfrage in Verfahrensschritt S10 ein positives Ergebnis liefert.

In Fig. 3 ist ein durch Messungen an einer Brennkraftmaschine mit 4 Zylindern  $Zyl_1 \dots 4$  bei 1500 l/min erhaltenes Diagramm gezeigt. Entsprechend der Zündfolge 1-3-4-2 sind die Verläufe der Zylinderdrücke  $P_{Zyl_1 \dots 4}$  40 und die zugehörigen Signale  $KS_1 \dots 4$  des Klopfsensors dargestellt.

#### Patentansprüche

45

1. Verfahren zum Erkennen von irregulären Verbrennungsvorgängen in einer mehrzylindrigen Dieselm-Brennkraftmaschine, wobei

- die Verbrennungsgeräusche zylinderindividuell mit Hilfe mindestens eines Körperschallsensors innerhalb von vorgebbaren Meßfenstern ( $MF_1 \dots z$ ) erfaßt werden und
- die zylinderindividuellen Körperschallsignale ( $KS_1 \dots z$ ) mit einzelnen, den Zylindern ( $Zyl_1 \dots z$ ) zugeordneten Schwellenwerten 55 ( $SW_1 \dots z$ ) verglichen werden,

dadurch gekennzeichnet, daß

- bei Überschreiten der Schwellenwerte ( $SW_1 \dots z$ ) überprüft wird, ob die Körperschallsignale ( $KS_1 \dots z$ ) die Schwellenwerte ( $SW_1 \dots z$ ) 60 innerhalb oder außerhalb der Meßfenster ( $MF_1 \dots z$ ) überschreiten und
- auf Fehleinspritzungen von Injektoren der Einspritzeinrichtung geschlossen wird, wenn die Schwellenwerte ( $SW_1 \dots z$ ) außerhalb der 65 Meßfenster ( $MF_1 \dots z$ ) überschritten werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn die Schwellenwerte ( $SW_1$

$\dots z$ ) innerhalb der Meßfenster ( $MF_1 \dots z$ ) überschritten werden, auf eine ordnungsgemäße Verbrennung geschlossen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale des Körperschallsensors ( $KS_1 \dots z$ ) vor der Weiterverarbeitung in einer Motorsteuerungseinrichtung gleichgerichtet und zylinderindividuell verstärkt werden, wobei der Verstärkungsfaktor in Stufen oder stufenlos veränderbar ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn für die einzelnen Zylinder ( $Zyl_1 \dots z$ ) bei maximaler Verstärkung die Schwellenwerte ( $SW_1 \dots z$ ) innerhalb der Meßfenster ( $MF_1 \dots z$ ) nicht überschritten sind, auf Nichteinspritzungen geschlossen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei erkannten Fehleinspritzungen Motorschutzmaßnahmen, wie Verringerung der Ansteuerzeit oder das Unterdrücken von Ansteuerimpulsen für die Injektoren eingeleitet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Körperschallsensor ein nach dem piezoelektrischen Prinzip arbeitender Beschleunigungssensor eingesetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßfenster ( $MF_1 \dots z$ ) einen Bereich vor dem Oberen Totpunkt bis nach dem Oberen Totpunkt umfassen.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßfenster ( $MF_1 \dots z$ ) in zylinderindividuellen Kennfeldern eines Speichers einer elektronischen Motorsteuerungseinrichtung abgelegt sind.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Körperschallsensoren vorgesehen sind, wobei jeweils einem Sensor eine bestimmte Anzahl von Zylindern ( $Zyl_1 \dots z$ ) der Brennkraftmaschine zugeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

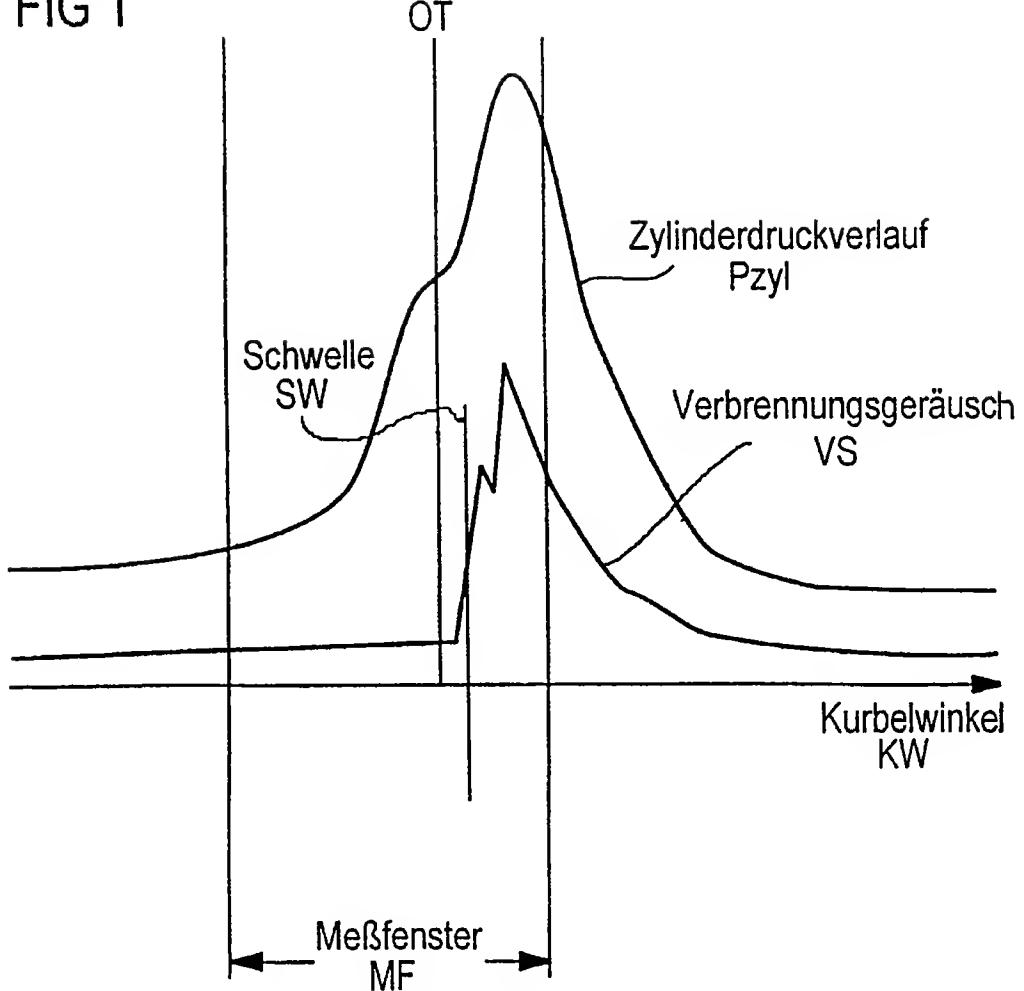


FIG 2

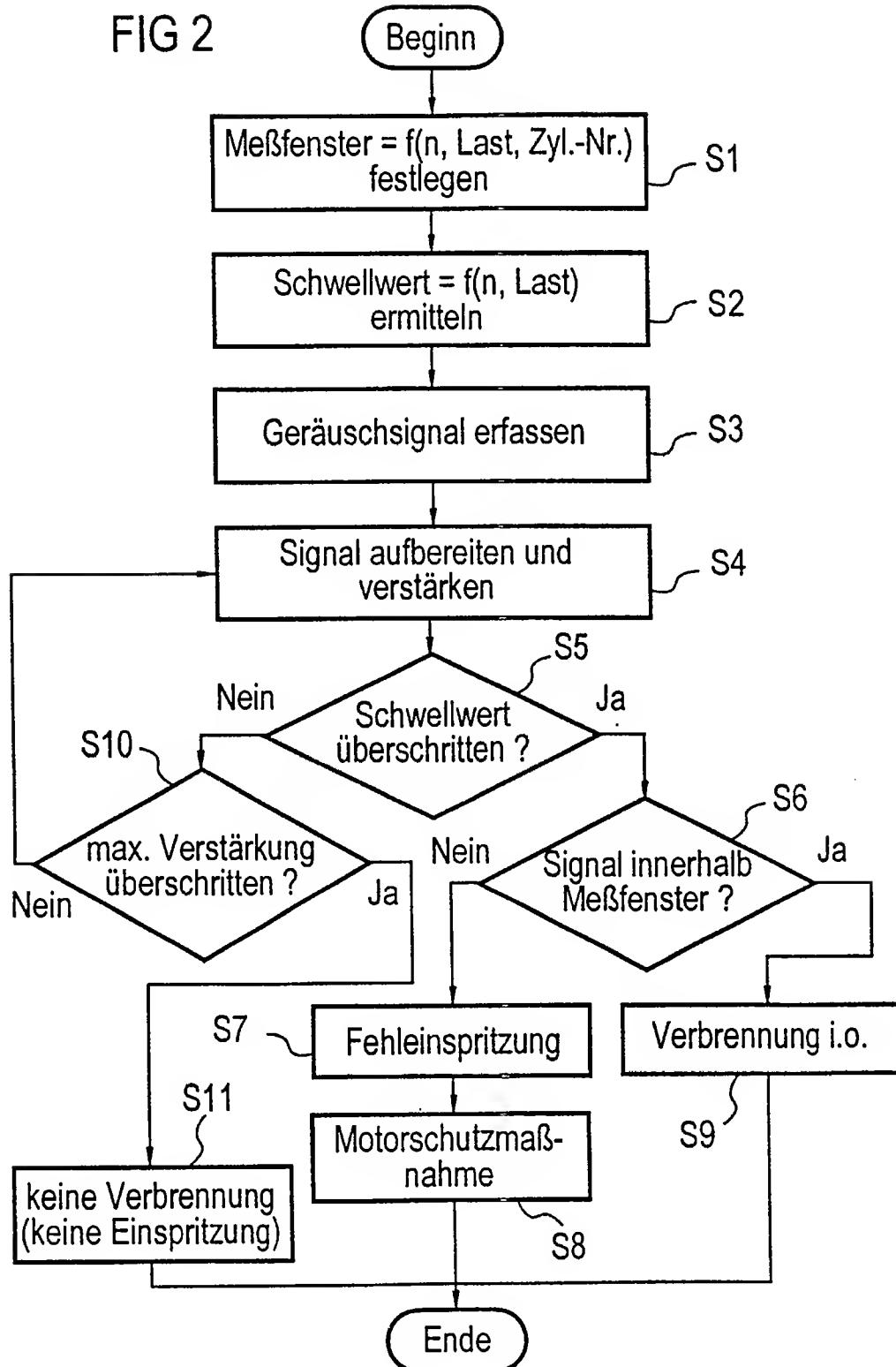


FIG 3

